

スマートフォンを用いた身体運動「リズム周波数」による グループ活動の観測法の開発と評価

大久保 朗¹ 松澤 芳昭^{1,a)}

概要：加速度センサから得られるデータによって算出される体の振動数(リズム周波数)を用いて、集中状態の判定(佐藤ら, 2012)や協調関係の推測(多川ら, 2017)など人間活動の定量分析が行われているが、特定の機器を利用しており、測定環境に限られるという課題があった。本研究では、個人のスマートフォンを用いてデータを測定し、多川らの手法を用いてグループ活動の観測を行った。端末ごとに誤差があるため、分析の際に各データの平均値を減算する処理、誤差によって生じる波を除去する処理、体の振動数(リズム周波数)をカウントする間隔を変える処理を行い校正することで、現実での協調関係を反映した結果を得ることができた。結果から測定環境に関わらず人間活動の定量分析を行うことができる可能性が示唆された。

キーワード：身体運動, リズム周波数, センサ, スマートフォン, 協調関係, グループ, 人間活動, 定量分析

1. 研究の背景

近年、これまで質問紙調査や動画分析などの定性分析が行われることが多かった人間活動を、加速度センサや赤外線センサなどのウェアラブルセンサを用いて定量的に分析する試みが行われている。

Pentland [1] は加速度センサ、赤外線センサ、マイクロフォン等を搭載したバッジ型のセンサである「ソシオメーター」を開発し、議論の場を測定することで、人間が無意識に発するシグナルから、各個人の集団内での役割(グループロール)と任務別の役割(タスクロール)を読み取ること成功している。

矢野 [2] [3] は、腕時計型のウェアラブルセンサを用いて、腕の動く回数を測定することによって、1日の中で、1分間ごとの身体運動回数が一定の法則に従って分布することを発見している。名札型のセンサを用いて、複数の組織で、身体運動のパターンの計測と幸福度の質問紙調査を実施することで、身体運動のパターンの多様性と組織の幸福度に相関関係があることを発見しており、多様性が多いほど組織の生産性が高いことを示している。

渡邊ら [4] は、アクティブラーニングの環境において、加速度センサを用いた測定を行い、グループワーク中の身体動作の量とグループワーク後のテストの点数、主観的評価

に相関関係が見られることを発見している。

佐藤ら [5] は、加速度センサを用いて、デスクワークにおける集中状態を自動的に検出する手法を開発し、一定の成果を得ている。

多川ら [6] は、協調学習の場において、加速度センサの情報から、身体振動数(リズム周波数)を測定し、各個人のリズム周波数の同調度合い(協調推測指標)を算出することによって、学習者の協調関係を推測する手法を提案している。

しかし、先行研究では特定の機器を利用しており、機器を準備するコストがかかるため、測定できる環境に限られるという問題点がある。そのため本研究では、(1)個人が所有しているスマートフォンを用いて、手軽に加速度データを測定し、環境に関わらずグループ活動を観測できる手法を確立し、(2)センサから得られる値とグループ活動がどのように対応しているのか分析を行った。

本論文は全7章からなる。2章「研究方法」では利用した機器、指標の説明、測定方法などの研究方法について述べる。3章「実験1: 観測法の確立」ではスマートフォンを用いた観測法を確立するために行った実験について述べる。4章「実験2: 手法を用いたグループ活動の観測」では、開発した観測法を用いて行った実験について述べる。5章「実験3: 指標と現実の対応関係」では、センサの値と現実との対応関係を調査することを目的として行った実験について述べる。6章では、各実験の結果から、本研究の有効性や検討すべき事項について議論する。7章はまとめである。

¹ 青山学院大学 社会情報学部
School of Social Informatics, Aoyama Gakuin University
^{a)} matsuzawa@si.aoyama.ac.jp

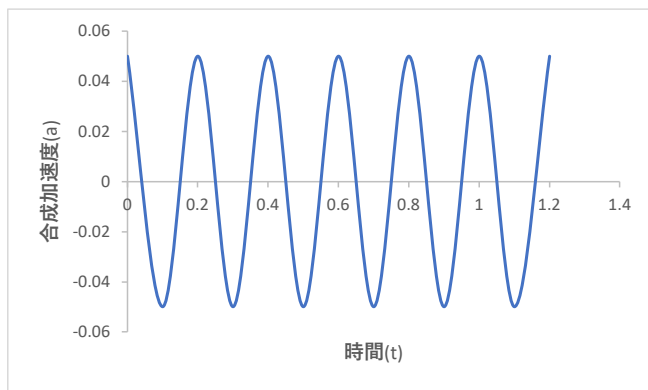


図 1 重力除去後合成加速度 (a) 推移例

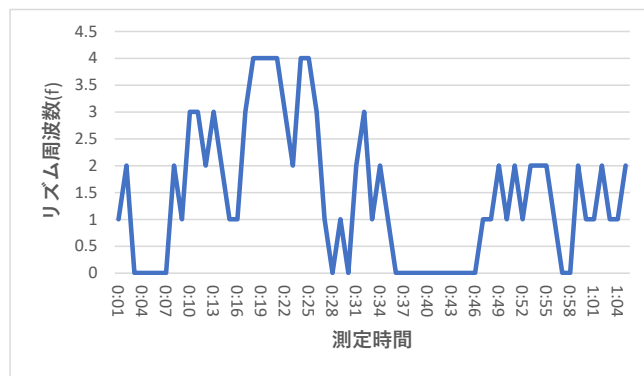


図 2 リズム周波数推移例

表 1 本研究で利用した端末

端末名	
iPhone7	iPhone12pro
iPhone8	iPhone13mini
iPhoneXS	Galaxy a52
iPhoneXR	HUAWEI P30 lite
iPhone11	GooglePixel 5a
iPhoneSE(第 2 世代)	Xperia1
iPhone12	

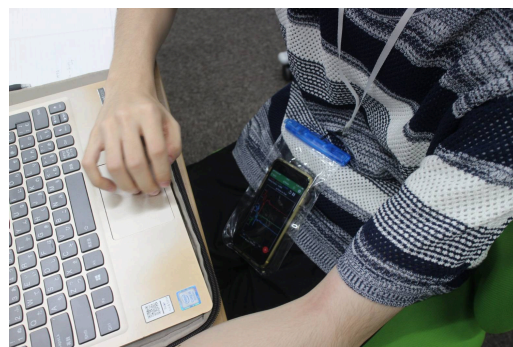


図 3 測定時の様子

2. 研究方法

2.1 分析方法

本研究では、スマートフォンから得られる 3 軸加速度データを利用し、個人の行動状態を示すリズム周波数と 2 者間の同調度合いを示す協調推測指標の 2 つの指標を算出し、分析を行った。2 つの値の概要を次に示す。

2.1.1 リズム周波数とは

リズム周波数とは、目で見て判別できないような身体の振動数を表した値である。この値は、歩行時には 2 から 3Hz、デスク作業などは 0 から 1Hz に対応する [2]。この値は、3 軸加速度センサで測定した値を 1 軸に合成したものの (合成加速度) から重力の値である 1G を減算した値 (a) が 0 軸を往復した回数をカウントすることによって算出される。重力除去後合成加速度 (a) 推移例を図 1 に、リズム周波数推移例を図 2 に示す。算出の際に利用した式を以下に示す。

$$a = \sqrt{gTx^2 + gTy^2 + gTz^2} - 1 \quad (1)$$

$$f = (n - 1)/2 \quad (2)$$

2.1.2 協調推測指標とは

協調推測指標とは、多川ら [6] が開発した指標で、2 者間のリズム周波数の同調度合いを示すものである。この値が大きければ大きいほど、2 者間が対象時間内において同調していることを示す。この指標はリズム周波数が一定以上

の大きさかつ、差が一定の範囲内の時を同調とみなしている。先行研究 [6] では、グループ内・間平均を比較した際にグループ内>グループ間になることから、この指標の妥当性を主張している。

本研究では測定方法の確立の際に、協調推測指標がグループ内>グループ間になったら測定ができているとした。

2.2 測定方法

2.2.1 測定機器及びアプリケーション

測定機器には測定の参加者が所有するスマートフォンを利用し、加速度データを記録するための既存のログアプリケーションとして Vieyra Software の「Physics Toolbox Sensor Suite」を利用した。アプリケーションの仕様上、iOS 端末においてデータの取得頻度が 100Hz 固定であるため、すべての機種で記録頻度を 100Hz に統一し測定を行った。AppleWatch を使用した測定も検討したが、既存のログアプリがデータの記録を正常に行うことができなかったため断念した。本研究で利用した端末の一覧を表 1 に示す。

2.2.2 測定位置

100 円均一等で購入した首下げのスマートフォンケースを用いて、端末を首から下げた状態で測定を行った。測定時の様子を図 3 に示す。腕に固定する形や衣服のポケットに入れる場合と比較して、測定時に違和感を感じにくい位置であること、ケースが安価であること、測定時に個人差

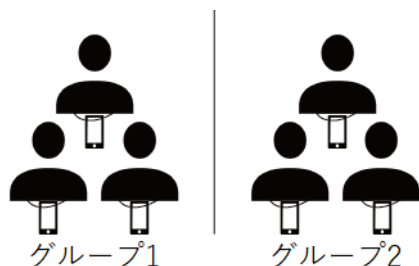


図4 実験環境

表2 協調推測指標比較 処理手法(1)

	平均
グループ間	0.0376
グループ内	0.0289

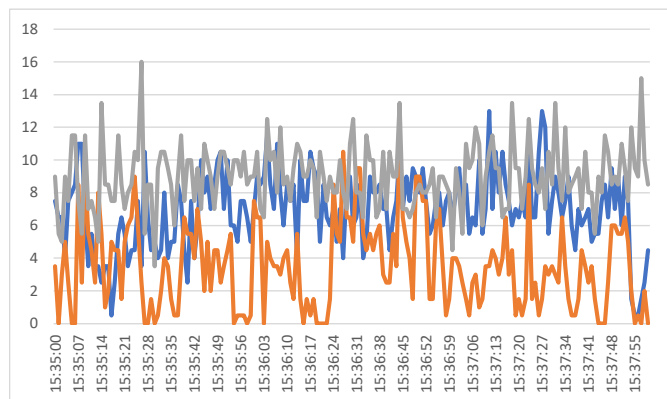


図5 処理手法(1) グループ1のリズム周波数の推移

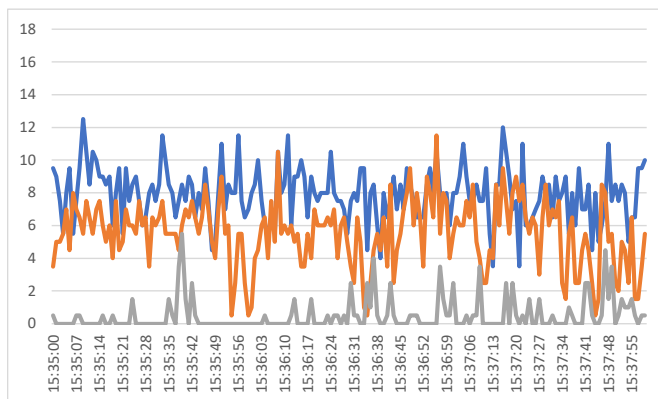


図6 処理手法(1) グループ2のリズム周波数の推移

表3 机の上で静止させた状態の各端末データ

	iPhoneSE(1)	iPhoneSE(2)	iPhone8	iPhone11	iPhone12pro	Xperia1
平均	0.999625	1.001238	0.998320	1.010799	0.999035	1.003625
最大値	1.011044	1.002116	1.009006	1.193656	1.005135	1.021838
最小値	0.990147	1.000089	0.989030	0.736867	0.995017	0.992224
分散	0.000011661	0.001621606	-0.001310030	0.011211784	-0.000588461	0.004010974

が生じにくいことから首下げでの測定を採用した。

2.2.3 指標算出に利用したサービス

各スマートフォンで測定した3軸加速度データをGoogleスプレッドシート、Google Apps Scriptを用いて、リズム周波数を算出した。Google Apps Scriptとは、Googleによって開発されたスクリプトプラットフォームであり、主にGoogleのサービスを自動化するスクリプト言語である。

3. 実験1: 観測法の確立

3.1 測定環境

観測法の確立を目的として測定を行った。大学生6名が2つのグループに分かれ、レクリエーションの企画をテーマに議論を行った状況(30分間)を対象として測定を行った。参加者は椅子に座った状態で測定を行い、外部からの影響を減らすためにグループごとに別室で議論を行った。実験環境を図4で示す。

測定したデータをもとに指標の算出を行い、多川ら[6]の分析と同じく、グループ内・間の協調推測指標平均値の比較を行った。協調推測指標の基準値は多川らと同じく、リズム周波数が2Hz以上かつ、2者間の差が1Hz以内であ

るものを同調している時間とし、指標の算出を行った。

3.2 処理手法(1)の結果・考察

初期の観測法では、加速度データから協調状態を検出することができなかった。グループごとのリズム周波数平均の推移を図5、図6に示す。初期分析の段階ではグラフの重なっている部分が少なく、同調状態である時間少ないことが分かる。グループ間とグループ内の協調推測指標の平均を表2に示す。グループ間>グループ内になっており、データから協調関係を推定できていないことが分かる。

結果から端末ごとに誤差が存在しているのではないかと考え、端末を机の上で5分間静止させた状態で測定を行い、得られるデータの比較を行った。結果を表3に示す。静止時のデータから、(1)得られるデータに誤差がある、(2)静止時であるが動きが測定されている、(3)静止時に測定されるブレの大きさが端末ごとに様々であることが分かる。このことからデータの較正が必要であると考えた。

3.3 較正手法の提案

端末ごとに存在する誤差を除去するために3つの較正処

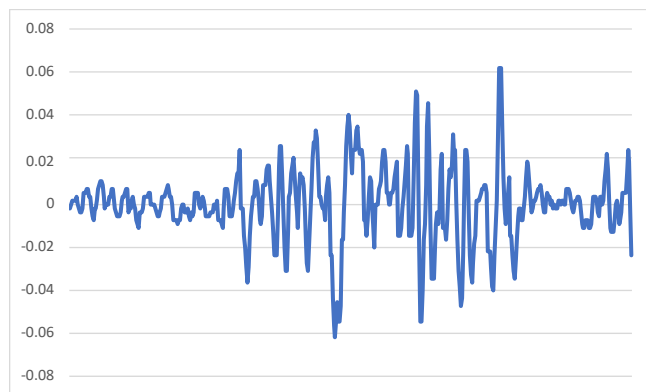


図 7 合成加速度-測定時平均推移

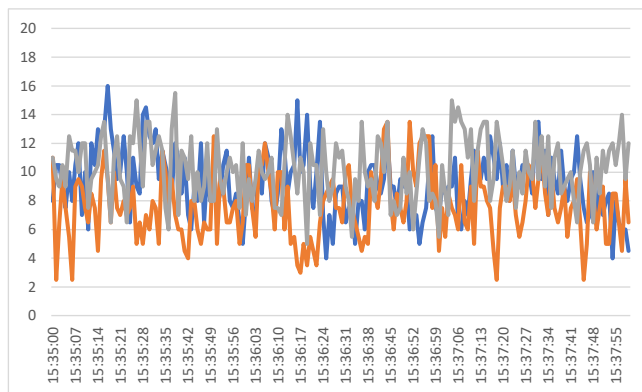


図 8 (1) の処理のみ実行した場合のリズム周波数推移

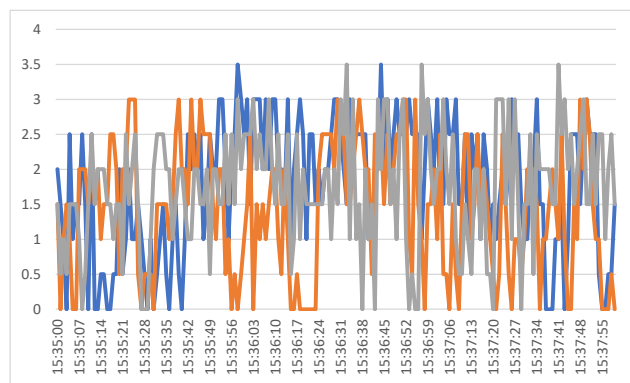


図 9 処理手法 (2) グループ 1 のリズム周波数の推移

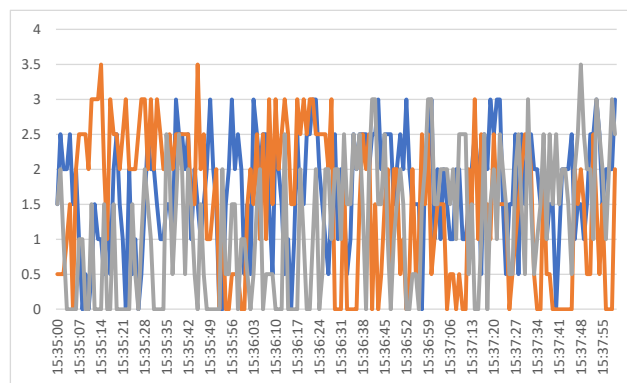


図 10 処理手法 (2) グループ 2 のリズム周波数の推移

表 4 協調推測指標比較 処理手法 (2)

	平均
グループ間	0.0628
グループ内	0.0866

理を行った。

(1) 重力を除去する際に測定時平均 (d) を減算する処理

リズム周波数を算出する際に重力の値である 1G を減算していたが、端末ごとに誤差が存在しており、必ずしも 1 の値を中心に合成加速度データが推移しているわけではないため、1G を減算すると端末ごとにズレが発生し、算出されるリズム周波数に差が生まれる。端末ごとに生じるズレを取り除くために、測定時データの平均値 (d) を減算する処理を行った。この処理は周波数分析における直流 (DC) 成分を取り除く一般的な処理である。これを行うことによって各端末のデータが 0 軸を中心として推移することが期待される。利用した式を以下に示す。

$$a = \sqrt{gTx^2 + gTy^2 + gTz^2} - d \quad (3)$$

(2) 小さい波を除去する処理

静止時に動きが測定されていたため、静止時データの波がリズム周波数としてカウントされることを防ぐために、一定の範囲内の小さい波を除去する処理を行った。図 7 は (1) の処理を実行した際の加速度データの推移である。これをみると、動きが観測されていると考えられる大きい波

と、静止時のデータであると考えられる小さい波が存在することが分かる。端末ごとに小さい波の程度が異なるため、静止時のデータの最大値 (max) と最小値 (min) を利用し、端末ごとに除去範囲を設定した。利用した式を以下に示す。

$$r = (|max| + |min|)/2 \quad (4)$$

$$-r \leq 0 \leq r \quad (5)$$

(3) リズム周波数のカウントする間隔を決める処理

リズム周波数をカウントした際に、次のカウントまでの間隔を空ける処理を行った。この処理は (1) のみを実行した際に算出されたリズム周波数が一般的な値である 0 から 5Hz 程度よりも遥かに大きくなったため行った処理である。カウントする間隔は 1 度 0 軸をまたいだと判定してから 0.1 秒間とした。これを行うことにより、一度動きが測定された後の余波がカウントされることを防止できる。(1) のみを実行した際のリズム周波数推移を図 8 に示す。

3.4 処理方法 (2) の結果・考察

較正を行ったことによってリズム周波数が一般的な値 (0 から 5Hz 程度) に近づき、協調状態を検出することに成功した。算出されたリズム周波数の推移を図 9, 図 10 に示す。グラフが重なる部分が多く、同調が起きていることが予測できる。協調関係指標の平均を表 4 に示す。グルー

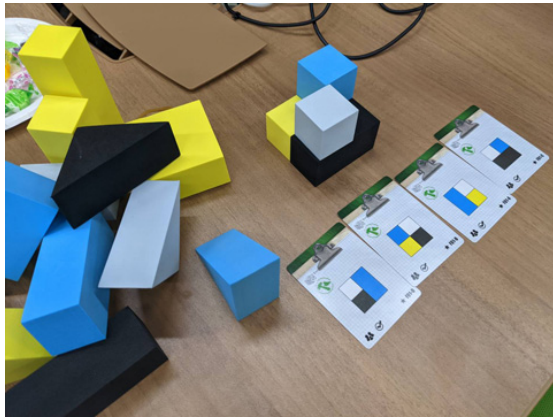


図 11 メンタルブロック



図 12 実際にゲームを行っている様子

表 5 協調推測指標比較 実験 2-A

	平均
グループ間	0.0823
グループ内	0.0890

表 6 協調推測指標比較 実験 2-B 基準値変更前

	平均
グループ間	0.0709
グループ内	0.0695

表 7 実験 2-B における参加者の動きが検出された秒数とリズム周波数平均値

	A	B	C	D	E	F	G	H
秒数	1185	1214	1111	342	550	479	976	1600
平均値	1.70	1.78	1.60	0.65	0.97	0.88	1.47	2.17
	I	J	K	L	M	N	O	
秒数	421	701	1552	414	293	580	1101	
平均値	0.75	1.12	2.28	0.72	0.56	0.96	1.58	

プ内>グループ間になっていることから多川ら [6] の結果と同じ結果になっており、スマートフォンの加速度センサを用いて、現実の協調状態を反映した結果を得ることができているといえる。

4. 実験 2: 手法を用いたグループ活動の観測

4.1 測定環境

開発した観測法の有効性確認とグループ活動の観測を目的として測定を行った。実験 2-A: 大学生 13 名が 3 組に分かれ協調問題解決型課題 (ボードゲーム) を行う 23 分間を対象に測定を行った。実験 2-B: 大学生及び教員全 16 名が 4 組に分かれて同課題を行う 36 分間を対象に測定を行った。多川ら [6] の分析と同じく協調推測指標を算出する際に、リズム周波数が 2Hz 以上かつ 2 者間の差が 1Hz 以内の時間を同調状態とした。

ボードゲームには、協力型ゲームである「メンタルブロック」を利用した。メンタルブロックは各プレイヤーに完成した図形を 1 方向からみた図面が配られ、それをもとにプレイヤー同士で話し合いながら、立体的なパズルを制限時間内に組み立てるボードゲームである。全員の発言が強制され、協力してゴールを目指す点で、協調行動を行う環境を作り上げることができると考えたため採用した。メンタルブロックを図 11 に、ゲームを行っている様子を

図 12 に示す。

4.2 結果

4.2.1 実験 2-A: 大学生 13 名 3 組でボードゲームを行う状態

アプリを用いて測定する際に操作ミスにより記録できなかった参加者が 2 名居たため、11 名分のデータを分析した。

協調推測指標の平均値を表 5 に示す。協調推測指標の平均値がグループ内>グループ間になっている。このことからスマートフォンの加速度センサを用いて、現実の協調状態を反映した結果を得ることに成功しているといえる。

4.2.2 実験 2-B: 大学生 16 名 4 組がボードゲームを行う状態

アプリを用いて測定する際に操作ミスにより記録できなかった参加者が 1 名居たため、15 名分のデータを分析した。

協調推測指標の平均値を表 6 に示す。協調推測指標の平均値がグループ内<グループ間になっている。このような結果になったため、動きを検出する基準値を 2 以上に設定した際の、被測定者ごとの各参加者の閾値を超えた秒数、リズム周波数の平均値を確認した。結果を表 7 に示す。これを見ると秒数と平均値ともに個人差があるということがわかる。

動きが少なく検出される傾向がある人が同調時間が短く

表 8 協調推測指標比較 実験 2-B 基準値変更後

	平均
グループ間	0.1079
グループ内	0.1088

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	N	M	O
A															
B	0.173														
C	0.185	0.245													
D	0.024	0.043	0.029												
E	0.052	0.082	0.038	0.006											
F	0.037	0.057	0.033	0.008	0.017										
G	0.103	0.181	0.105	0.017	0.042	0.036									
H	0.228	0.334	0.222	0.043	0.065	0.066	0.191								
I	0.029	0.053	0.037	0.005	0.009	0.011	0.034	0.052							
J	0.070	0.114	0.073	0.013	0.017	0.019	0.042	0.119	0.058						
K	0.224	0.284	0.196	0.035	0.065	0.058	0.178	0.380	0.010	0.109					
L	0.026	0.050	0.032	0.002	0.009	0.009	0.032	0.054	0.004	0.016	0.041				
N	0.028	0.032	0.026	0.003	0.006	0.005	0.019	0.035	0.013	0.009	0.027	0.010			
M	0.058	0.083	0.046	0.008	0.016	0.012	0.050	0.094	0.033	0.026	0.071	0.018	0.014		
O	0.148	0.220	0.128	0.024	0.039	0.038	0.123	0.232	0.109	0.064	0.193	0.039	0.024	0.062	

図 13 実験 2-B における協調推測指標全通り

表 9 成功回数と協調推測指標グループ内平均 (1)

グループ	グループ内平均	成功回数
1	0.097	1 回
2	0.279	1 回
3	0.107	2 回

表 10 成功回数と協調推測指標グループ内平均 (2)

グループ	グループ内平均	成功回数
1	0.165	1 回
2	0.118	2 回
3	0.084	0 回
4	0.056	0 回

なってしまうため、協調推測指標を算出する際に、リズム周波数が 1.5Hz 以上かつ 2 者間の差が 1Hz 以内の時間を同調状態とし、動きがあったとみなす基準値を下げ算出を行った。その結果を表 8 に示す。基準値を変更したことによってグループ内>グループ間となり現実の協調状態を反映した結果を得ることができた。

リズム周波数の個人差によって、協調推測指標にも差が生じることから、2 者間それぞれの値を確認した。協調推測指標の全通りを図 13 に示す。黒い枠線で囲んでいる部分が同グループの協調推測指標を示しており、色が濃いほど値が高いことを示す。必ずしもグループ内の値がグループ間よりも高くなっているとは限らないことがわかる。

4.3 考察

実験 2-A においてグループ内のほうが協調推測指標の平均値が高くなっていることから、スマートフォンの加速度センサを用いて協調状態を反映した結果を得ることができているといえる。

実験 2-B において、動きがあったとみなす基準値を変更する前の協調推測指標がグループ間平均のほうが高くなった要因として、リズム周波数の個人差が影響していることが考えられる。各個人の動きが検出された回数を確認すると、リズム周波数に個人差があることが確認された。この

個人差によって、協調推測指標を算出する際に、平均値が高い人ほど他者との同調時間が長くなりやすくなり、平均値が低い人ほど同調時間が短くなりやすくなる。このことがグループ間の平均値が高くなる要因になっていると考えられる。リズム周波数の個人差が、話し合いの場における発話量の差などが影響しているのか、測定の方法が影響しているのか不明であり、更なる検証が必要である。

2 者間それぞれの協調推測指標を確認すると、必ずしもグループ内がグループ間よりも高くなっているとは限らないことがわかった。このことからグループ活動の観測という観点において、協調推測指標のグループ内平均とグループ間平均を比較するのではなく、現実の状態に指標がどのように対応しているのかを分析する必要があると考えた。

4.4 成果との対応関係

実験 2-A、2-B において、各グループのボードゲームの成果 (パズルの成功数) と協調推測指標平均値の対応関係を分析した。分析の際、協調推測指標を算出する際の動いているかつ同調しているとする閾値は 1.5Hz 以上、差は 1Hz 以内とした。その結果を表 9 と表 10 に示す。1 回以上成功しているグループのほうが成功していないグループに比べて協調推測指標のグループ内平均が高い傾向があることが確認できた。結果から、協調推測指標で示される協調度合

表 11 成功したグループ

	グループ 1	グループ 2
1 回目	○	
2 回目		○
3 回目	○	

いとボードゲームの成果に対応関係がある可能性があると考えられる。

5. 実験 3: 指標と現実の対応関係

5.1 測定環境

センサから算出される指標と現実の状態にどのような対応関係が存在するか調査することを目的として測定を行った。大学生 8 名 2 グループがボードゲーム「メンタルボックス」を行う時間を対象とし、測定範囲をどちらかのチームがパズルを解き終えるか、制限時間が終了するまでとした。その後、各グループの成果と協調推測指標グループ内平均を確認した。協調推測指標を算出する際の動いているかつ同調しているとする閾値は 1.5Hz 以上、差は 1Hz 以内とした。

5.2 結果

各ラウンドごとの先に成功したグループを表 11 に、協調推測指標グループ内平均を表 12 に示す。先に成功したグループの方の協調推測指標が高い傾向があることが分かる。

5.3 考察

成功したグループのほうが協調推測指標グループ内平均が高くなる傾向があることから、加速度センサを用いて算出される協調推測指標は、グループの成果と対応している可能性があると考えられる。

実験 3 の測定において、成功していないグループの協調推測指標が低くなっている要因として、個人で悩む時間が多く、会話が少ないことなどが考えられる。このことから協調推測指標を算出することによって、センサの値のみから、会話の量などのグループ内の状況を知ることができる可能性があると考えられる。

6. 総合考察

6.1 考察

個人が所有しているスマートフォンの加速度センサを用いて測定したデータから指標を算出する際に、(1) 測定時平均を減算する処理、(2) 静止時に測定されてしまう波を除去する処理、(3) リズム周波数をカウントする間隔を変更する処理の 3 つの較正処理を行った。較正を行うことによって、端末ごとの誤差が影響して、比較することができなかった指標が比較可能になり、リズム周波数平均が 8.58Hz

表 12 各グループの協調推測指標平均値

	グループ 1	グループ 2
1 回目	0.186	0.069
2 回目	0.026	0.087
3 回目	0.163	0.073

と一般的な値 (0 から 5Hz 以内) からかけ離れていた値が、1.58Hz となった。協調推測指標のグループ間・内平均を比較すると多川ら [6] の研究と同じく、グループ内のほうが高くなった。これらのことから、本研究で開発した手法を用いることによって、個人が所有しているスマートフォンで人間活動の定量分析を行うことができると考えられる。

被測定者ごとのリズム周波数に差が存在しており、それが原因として協調推測指標にも差が生まれていることが課題である。多川ら [6] は、集団内での役割分担やリーダーシップによって周波数の差が生じることを指摘しているが検証のための測定は行われていない。リズム周波数に生じる差が、個人差によるものなのか、議論の中での役割によるものなのか、測定方法に起因するものなのか不明であるため、さらに正確な観測を行うために検証を行う必要がある。

算出された協調推測指標のグループ間・内の平均値を比較する中で、2 者間それぞれの値を確認すると、全体の中で必ずしもグループ内の値が高くなっているとは限らないことに気が付いた。このことから、グループ間・内の比較を行うよりも、グループ内の値が現実の状態にどのように対応しているのかを検証していくことが今後の発展に必要であると考えられる。

協調推測指標と本測定で行った協調問題解決型課題 (ボードゲーム) の成果が対応している傾向があることが確認されたことから、グループ活動の成果や会話が活発であるかどうかといったグループ活動の状態を、センサの値から知ることができる可能性がある。本研究で用いた課題は、成功させるためには、全ての参加者が発言をすることが必須であったため、指標が示す協調度合いが成果と対応したと考えられるが、全員の発言が必須ではない課題の場合、指標と成果に対応関係があるかどうかは不明である。今後、議論を記録した動画などを用いて、センサの値がどのように対応しているのかを分析することが必要である。

6.2 今後の展望

動きを検知した際の端末ごとの反応量誤差の検証、同一人物が異なる端末で測定した際のデータの違い、首下げ型ケースの紐の長さがデータに与える影響、先行研究で用いられている機器との比較実験を行うことができていないため、より正確な測定を行うために検証を行う必要がある。

本手法を用いることで測定のコストが下がり、多くのデータを蓄積できることが期待できる。それらのデータの

分析を行い、データが現実の状態にどのように対応しているのかをより明らかにしていくことが実用化に向けて必要であると考えられる。

今後の展望として、データの測定と指標の算出・分析をリアルタイムで行うことができるアプリケーションの開発や、センサから得られるデータを用いたリアルタイム協調行動支援システムの開発、協調活動のフィードバックシステムの開発、センサデータを用いた人間活動支援システムの開発などが挙げられる。

7. まとめ

本研究では、センサを用いた人間活動の分析のコストを下げることで、センサから算出される値と現実の状態がどのように対応しているのか調査することを目的として、スマートフォンのセンサを用いたグループ活動観測法の開発と評価、開発手法を用いたグループ活動の分析を行った。

グループ活動の観測には、身体の振動数を示すリズム周波数と多川ら [6] が開発した協調推測指標を用いた。本研究で利用した端末は、測定の参加者個人が所有しているものであり、準備したものは首下げのスマートフォンケースとアプリケーションのインストールのみである。

端末ごとに誤差が存在しているため、(1) リズム周波数を算出する際に測定時の平均値を減算する処理、(2) 静止時に観測される小さい加速度データの波を除去する処理、(3) リズム周波数をカウントする間隔を決める処理の3つの較正処理を行った。これにより端末ごとの誤差が軽減され、異なる端末間でも測定を行うことができた。

このような環境下で複数回測定を行った結果、先行研究 [6] と同じ結果を得ることができ、現実の協調状態を反映した結果を観測することができたと考えられる。このことから個人の所有するスマートフォンを利用し、人間活動を分析できる可能性が示唆された。

利用した指標と測定の中で行ったボードゲームの成果との対応関係を確認したところ、成功しているグループの値が高くなる傾向があった。このことから、センサから測定される協調状態は現実の成果に対応している可能性が示唆された。

謝辞 本研究を行うにあたって、加速度センサを用いた測定について助言をいただいた青山学院大学教授 Guillaume Lopez 先生、指標の算出について助言をいただいた九州大学准教授多川孝央先生に感謝の意を表す。所有するスマートフォンを用いた測定に参加いただいた学生の皆様に感謝の意を表す。

参考文献

- [1] Pentland, A.: 正直シグナル 非言語コミュニケーションの科学, みすず書房 (2013).
- [2] 矢野和男: データの見えざる手ウェアラブルセンサが明か

- す人間・組織・社会の法則, 草思社文庫 (2018).
- [3] 矢野和男: 人工知能は組織とコミュニケーションをどう変えるか, 組織化学, Vol. 49, No. 4, pp. 41–51 (2016).
- [4] 渡邊到, 山本知仁, 田中洋一: グループワーク中の身体動作と学習成果及び主観的なコミュニケーション評価の関係, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 23, No. 2, pp. 201–208 (2021).
- [5] 佐藤信夫, 辻聡美, 矢野和男: ビジネス顕微鏡を用いた個人作業時における集中状態判定特徴量の開発, *FIT2012*, pp. 65–68 (2012).
- [6] 多川孝央, 田中洋一, 山川修: 加速度計データに基づく協調関係の推測の実験的検討, 教育システム情報学会誌, Vol. 34, No. 2, pp. 98–106 (2017).